



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 15 265 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**B 23 Q 11/10**

②① Aktenzeichen: 199 15 265.9  
②② Anmeldetag: 3. 4. 1999  
②③ Offenlegungstag: 29. 6. 2000

DE 199 15 265 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Krümming, Tino, Dipl.-Ing., 73732 Esslingen, DE

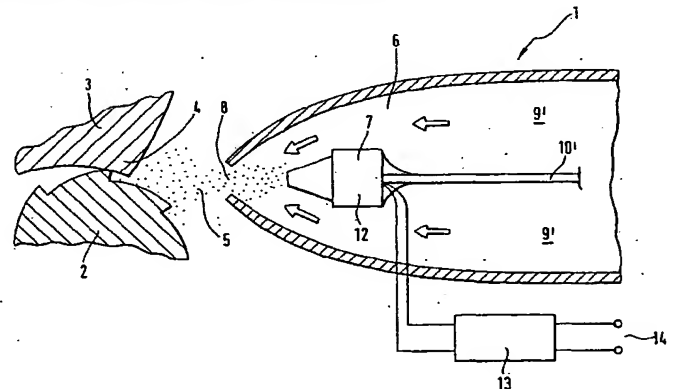
⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
DE 196 17 752 A1  
DE 42 08 063 A1  
DE 38 23 497 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zur Minimalmengen-Kühlschmierung bei Zerspanprozessen

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Minimalmengenschmierung bei Zerspanprozessen, das eine schnelle, einfache und flexible Einstellung der Verfahrensparameter ermöglicht, so daß eine große Zahl unterschiedlicher Werkstückgeometrien und Werkstoffe mit Hilfe eines weiten Spektrums unterschiedlicher Werkzeuge bearbeitet werden können. Hierzu werden die beiden - im Grunde unabhängigen - Prozesse der Zerstäubung und der Druckluftzufuhr bei der Minimalmengen-Kühlschmierung verfahrensmäßig voneinander entkoppelt, so daß eine getrennte Optimierung dieser beiden Prozesse auf die jeweilige Bearbeitungsaufgabe möglich wird. Der Transport der Tröpfchen vom Erzeugungsort zum Bearbeitungsbe-  
reich auf dem Werkzeug bzw. dem Werkstück erfolgt mit Hilfe von Druckluft. Zur Erzeugung der Tröpfchen wird ein Zerstäubungssystem (z. B. mit Hilfe von Ultraschall) verwendet, das von der Druckluftzufuhr unabhängig ist.



DE 199 15 265 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Minimalmengenschmierung bei Zerspanprozessen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 9.

Bei der zerspanenden Bearbeitung von Werkstücken entsteht Wärme, die abgeführt werden muß, um ein frühzeitiges Verschleifen von Werkzeug und Werkstück zu vermeiden. Hierzu war es bisher üblich, dem Bearbeitungsbereich einen kräftiger Strom einer Schneidemulsion, bestehend aus einer Wasser-Öl-Mischung, zuzuleiten, durch die der Bearbeitungsbereich geschmiert und gleichzeitig gekühlt wurde. Zusätzlich zu den Beschaffungskosten der Schneidemulsion entstanden bei diesem Verfahren weitere Kosten durch das Sammeln, Aufarbeiten und Entsorgen der verbrauchten Schneidemulsion als Sondermüll.

Daher wird zur Kühlung/Schmierung bei der zerspanenden Bearbeitung in letzter Zeit verstärkt die sogenannte Minimalmengenschmierung eingesetzt, bei der anstatt einer Schneidemulsion eine geringe Menge eines geeigneten Luft-Schmierstoff-Gemisches auf den Bearbeitungsbereich aufgetragen wird. Der Schmierstoff liegt in diesem Gemisch in Form feiner Tröpfchen vor und wird mit Hilfe von Druckluft auf den Bearbeitungsbereich gelenkt. Der Schmierstoff wird beim Zerspanungsprozeß nahezu vollständig verbraucht, so daß nichts aufgefangen und entsorgt werden muß. Das Verfahren bewirkt eine hohe Schmier- und Kühlwirkung des Werkstücks und des Werkzeugs und führt zu qualitativ hochwertigen Oberflächen bei der Bearbeitung.

Aus der DE 94 12 118 U1 und der gattungsbildenden EP 321 954 A2 sind Vorrichtungen zur Minimalmengenschmierung bekannt, bei denen durch gleichzeitige Zuleitung von Druckluft und Schmierstoff ein nebelartiges Gemisch erzeugt wird, das mit Hilfe der Druckluft zum Bearbeitungsbereich hin transportiert wird.

Aus der WO 97/14530 ist weiterhin eine Vorrichtung zur Minimalmengenschmierung eines spanend arbeitenden, rotierenden Werkzeugs mit geometrisch definierter Schneide bekannt, bei der die Zuleitung des Schmierstoffs und der Druckluft über Leitungen im Inneren der Werkzeugspindel erfolgt. Um insbesondere bei schnellaufenden Bearbeitungsspindeln eine gute Dosierung des Schmierstoff-Luft-Gemisches zu erreichen, wird der Schmierstoff und das Trägergas in einen mit porösem Sintermaterial gefüllten Kühlmittelspeicherraum geleitet, miteinander gemischt und dann als Schmierstoff-Luft-Gemisch dem Bearbeitungsbereich zugeführt. Durch das Sintermetall soll verhindert werden, daß sich der Schmierstoff an den Außenwänden des Speicherraumes absetzt; weiterhin soll eine gleichmäßige Verteilung des Schmierstoffs im Speicherraum erreicht werden, die beim Wiedereinschalten des Luftstroms, z. B. nach einem Werkzeugwechsel, eine schnelle Bereitstellung von Schmierstoff sicherstellen soll.

Bei den oben beschriebenen Verfahren werden mit Hilfe eines Trägergases Schmierstoff-Tröpfchen erzeugt und in den Bearbeitungsbereich transportiert. Der Druck des Trägergases hat dabei einen entscheidenden Einfluß auf eine Vielzahl von Parametern wie Tröpfchengröße, -dichte, -geschwindigkeit etc., so daß eine optimierte Einstellung dieser verknüpften Parameter auf unterschiedliche Werkstück- und Werkzeuggeometrien nur schwierig möglich ist. Dadurch ist es weiterhin verfahrensbedingt nahezu unmöglich, eine schnelle, reproduzierbare Umstellung von Schmierstoffen zur Bearbeitung unterschiedlicher Werkstoffe zu erreichen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Minimalmengenschmierung bereitzustellen;

len; das eine schnelle, einfache und flexible Einstellung der Verfahrensparameter ermöglicht, so daß eine große Zahl unterschiedlicher Werkstückgeometrien und Werkstoffe mit Hilfe eines weiten Spektrums unterschiedlicher Werkzeuge bearbeitet werden können.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale der Ansprüche 1 und 9 gelöst.

Danach werden die beiden – im Grunde unabhängigen – Prozesse der Zerstäubung und der Druckluftzufuhr bei der Minimalmengenschmierung verfahrensmäßig voneinander entkoppelt, so daß eine getrennte Optimierung dieser beiden Prozesse auf die jeweilige Bearbeitungsaufgabe möglich wird. Der Transport der Tröpfchen vom Erzeugungsort zum Bearbeitungsbereich auf dem Werkzeug bzw. dem Werkstück erfolgt wie oben mit Hilfe von Druckluft; jedoch wird zur Erzeugung der Tröpfchen ein Zerstäubungssystem verwendet, das von der Druckluftzufuhr unabhängig ist. Die Tröpfchengröße bzw. das Tröpfchenspektrum ist somit unabhängig vom Luftdruck und der Schmierstoff-Transportgeschwindigkeit einstellbar; die beiden Größen können somit unabhängig voneinander auf jedes Werkzeug/Werkstück abgestimmt werden.

Die Trennung der beiden Prozesse der Tröpfchenerzeugung und des Tröpfchentransports ermöglicht gleichzeitig eine reproduzierbare und kontrollierte Erzeugung von Schmierstoffteilchen einer gewissen Teilchengröße und -dichte und eine getrennt davon einstellbare geometrische Verteilung und Aufprallgeschwindigkeit dieser Teilchen auf das Werkstück bzw. Werkzeug. Die Zerstäubung des Schmierstoffs im Zerstäubungssystem erfolgt unabhängig von Luft- und Schmierstoffvolumenstrom bzw. unabhängig von einem (werkzeugabhängigen) Gegendruck im Inneren einer Werkzeugspindel.

Druckluft und Schmierstoff werden über separate Zuleitungen in einen Mischungsbereich geführt. Das Zerstäubungssystem ist in diesem Mischungsbereich so angeordnet, daß es vom Schmierstofffluß durchströmt und gleichzeitig von der Druckluft umströmt wird. Der Schmierstoff wird beim Durchströmen des Zerstäubungssystems zu Tröpfchen zerstäubt. Die Schmiermittel-Tröpfchen werden dann von der umströmenden Druckluft erfaßt und durch eine Ausgangsöffnung des Mischungsbereiches hindurch auf einen zu schmierenden Bearbeitungsbereich geleitet.

Die Zerstäubung des Schmierstoffs kann z. B. mit Hilfe von Ultraschall erfolgen (siehe Ansprüche 3 und 11). Durch eine geschickte Wahl der Geometrie der Ultraschalleinkopplung sowie durch Einstellung der Ultraschallintensität, -frequenz etc. kann eine optimale Tröpfchengröße, Tröpfchenzahl, räumliche Verteilung des entstehenden Nebels etc. erreicht werden. Andererseits kann durch eine geschickte Wahl der Druckluftintensität und der Zuleitungsgeometrie eine optimale Aufbringung des Nebels auf den Bearbeitungsbereich sichergestellt werden.

Die Ultraschall-Frequenzen liegen zweckmäßigerweise im Bereich zwischen 20 kHz und 100 kHz (siehe Anspruch 4). Dabei werden – je nach Schmierstoff – Tröpfchen mit mittleren Durchmessern zwischen 5 µm und 200 µm erzeugt. Höhere Frequenzen liefern geringere Tröpfchengrößen.

Um eine gleichmäßige und kontrollierte Zerstäubung von Schmierstoff sicherstellen zu können, muß ein kontinuierlicher, einstellbarer Zustrom von Schmierstoff auf den Ultraschall-Schwingkopf gewährleistet sein (siehe Anspruch 5). Zur Förderung des Schmierstoffs wird daher zweckmäßigerweise eine Konstantförderpumpe (z. B. eine Doppelkolbenpumpe oder eine Schlauchpumpe) verwendet, die den Schmierstoff aus einem Vorratsbehälter entnimmt und dem Ultraschall-Schwingkopf zuführt (siehe Anspruch 7). Alter-

nativ kann der Schmierstoff mit Hilfe eines Überdruckbehälters zugeführt werden (siehe Anspruch 6).

Alternativ zur Ultraschall-Zerstäubung kann zur Tröpfchenerzeugung eine Finspritzpumpe verwendet werden (siehe Ansprüche 2 und 10). Einspritzpumpen in miniaturisierter Form können leicht in das Innere einer Werkzeugspindel integriert werden und ermöglichen somit eine Zerstäubung des Schmiermittels in unmittelbarer Nähe des Werkzeugs.

Zur Schmierstoff- und Druckluftzuführung ist es vorteilhaft, koaxiale Rohre bzw. Schläuche zu verwenden, wobei der innere dem Schmierstofftransport und der äußere dem Lufttransport dient (siehe Anspruch 12). Eine solche kompakte Gestaltung ist insbesondere dann sinnvoll, wenn die Schmiervorrichtung auf beengtem Raum im Inneren einer Werkzeugmaschine angeordnet werden soll, wo für die Leitungen nur wenig Platz zur Verfügung steht. Die die Schmierstoffzuleitung umgebende Druckluftzuleitung hat zweckmäßigerweise einen wesentlich größeren Querschnitt als die Schmierstoffzuleitung; dadurch wird sichergestellt, daß am Ort des Ultraschall-Schwingkopfes immer genügend Druckluft vorhanden ist, um die entstehenden Tröpfchen zum Werkzeug hin zu transportieren.

Wenn die erfindungsgemäße Schmiervorrichtung zur Minimalmengen-Kühlschmierung eines spanend arbeitenden, rotierenden Werkzeugs eingesetzt werden soll, ist es zweckmäßig, die Schmiervorrichtung in den Innenraum der Werkzeugspindel zu integrieren (siehe Anspruch 13), um das Werkzeug – unabhängig von der jeweiligen Bearbeitungsgeometrie – direkt und gezielt mit Schmierstoff zu versorgen. Weiterhin ist es günstig, das Zerstäubungssystem möglichst nah am Werkzeug einzubauen. Dadurch kann sichergestellt werden, daß die erzeugten Tröpfchen auf den Bearbeitungsbereich geleitet werden, anstatt durch die rotierende Spindel auszentriert und an die Innenwand der Spindel geschleudert zu werden (siehe Anspruch 14).

Wird die erfindungsgemäße Vorrichtung nah am Werkzeug in den Innenraum einer Werkzeugspindel eingebaut, so wird die Vorrichtung zweckmäßigerweise ortsfest gegenüber der Werkzeugspindel angeordnet und wird seitlich, z. B. mit Hilfe eines Gleit- oder Wälzlagers, gegenüber der rotierenden Werkzeugspindel abgestützt (siehe Anspruch 15).

Zur Verringerung der Verletzungsgefahr, insbesondere bei Werkzeugbruch, ist es zweckmäßig, die Druckluftzuschaltung mit einem Ventil zu versehen, das mit dem Notausschalter der Werkzeugmaschine verbunden ist (siehe Anspruch 16). Beim Betätigen des Notausschalters sowie bei jedem Abschalten der Druckluftzufuhr wird dann der Hochdruck in der Druckluftzuleitung automatisch abgelassen und somit vermieden, daß beim Lösen des Spannfutters das Werkzeug unter hohem Druck herausschießt.

Soll die Vorrichtung zur Schmierung einer Vielzahl verschiedener Werkstoffe dienen, so ist es vorteilhaft, neben der Minimalmengen-Kühlmittelschmierung auch die Möglichkeit vorzusehen, konventionelle Naßschmierung mit Schneidemulsion zu verwenden. Hierfür muß eine Zuführung für die Schneidemulsion vorgesehen werden. Insbesondere bei beengten Raumverhältnissen, z. B. bei der Integration der Kühlschmiervorrichtung in den Innenraum einer Werkzeugspindel, erfolgt die Zuführung von Schneidemulsion zweckmäßigerweise über den gleichen Weg, der im Fall der Minimalmengenschmierung zur Zuführung von Druckluft verwendet wird (siehe Anspruch 8 und Anspruch 17). Dieser verfügt über einen ausreichend großen Querschnitt zur Gewährleistung hoher Durchsatzmengen von Schneidemulsion und kann bei der Umstellung von Naßschmierung auf Minimalmengenschmierung leicht und

schnell durch Ausblasen mit Druckluft gespült werden.

Wird die Schmiervorrichtung auf einer Bearbeitungsmaschine eingesetzt, auf der Werkstücke aus unterschiedlichen Werkstoffen bearbeitet werden sollen, so empfiehlt es sich ferner, an der Schmiermittelzuleitung mehrere Eingänge vorzusehen, die alternativ mit unterschiedlichen, dem jeweiligen Werkstoff angepaßten Schmiermittelreservoirs verbunden werden können (siehe Anspruch 18). Erfolgt die zur Schmiermittel-Zuleitung mittels einer Pumpe (siehe Anspruch 7), so kann bei einem Wechsel des zu bearbeitenden Werkstoffs der momentan in der Schmiermittel-Zuleitung befindliche Schmierstoff in sein Reservoir zurückgepumpt werden, bevor die Zuleitung mit einem Reservoir eines anderen, dem Werkstoff besser angepaßten Schmierstoffs verbunden wird. Dadurch kann umweltschonend ein schneller Schmiermittelwechsel sichergestellt werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert; dabei zeigen:

**Fig. 1** eine Schnittansicht einer Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung mit Ultraschall-Zerstäubung (Prinzip-skizze),

**Fig. 2** eine Teilansicht der Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung aus **Fig. 1**,

**Fig. 3** eine Schnittansicht einer in eine Werkzeugspindel integrierten Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung mit Ultraschall-Zerstäubung.

**Fig. 3** eine Schnittansicht eines Lagers zur Stabilisierung der Kühlschmiervorrichtung in einer rotierenden Spindel gemäß dem Schnitt III-III in **Fig. 2**.

**Fig. 1** zeigt eine Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung **1**, die zur Schmierung eines Werkzeugs **2** und eines zu bearbeitenden Werkstücks **3** in einem Bearbeitungsbereich **4** dient. Zur Minimalmengenschmierung wird wie im Detail in **Fig. 2** dargestellt – ein Kühlschmierstoff als feiner Nebel **5** auf den Bearbeitungsbereich **4** gesprüht. Dieser Schmierstoffnebel **5** wird von einem in einem Mischungsbereich **6** befindlichen Zerstäubungssystem **7** erzeugt und mit Hilfe von Druckluft durch eine Öffnung **8** aus dem Mischungsbereich **6** hinaus zum Werkstück **3** und Werkzeug **2** transportiert. Die Druckluft wird dem Mischungsbereich **6** über eine Druckluftleitung **9** zugeführt. Der Kühlschmierstoff, der dem Zerstäubungssystem **7** über eine Schmierstoffleitung **10** aus einem Vorratsbehälter **11** zugeleitet wird, wird im Zerstäubungssystem **7** zu kleinen Tröpfchen zerstäubt und in den Mischungsbereich **6** eingespeist. Dort wird der Schmierstoffnebel **5** von der vorbeiströmenden Druckluft erfaßt und durch die Öffnung **8** auf den Bearbeitungsbereich **4** getragen.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Zerstäubungssystem **7** so im Mischungsbereich **6** angeordnet, daß es sich zentral im Druckluftstrom befindet. Dadurch wird das Zerstäubungssystem von allen Seiten gleichmäßig von der Druckluft umströmt, und der erzeugte Schmierstoffnebel wird gleichmäßig zum Bearbeitungsbereich **4** hin transportiert. Eine stromlinienförmige Gestaltung des Zerstäubungssystems **7** reduziert das Auftreten von Wirbeln und verhindert, daß der Schmierstoffnebel **5** sich an den Wänden des Mischungsbereichs **6** absetzt und/oder durch Verwirbelungen zu einer Aggregation und Vergrößerung der Tröpfchengröße führt.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel wird das Zerstäubungssystem durch einen Ultraschall-Schwingkopf **12** gebildet, der über einen Oszillator **13** an eine Stromversorgung **14** zur Ultraschallerzeugung angebunden ist. Der Ultraschall-Schwingkopf **12** enthält Piezokristalle, die bei Beaufschlagung mit einer Wechselspannung abwechselnd Kontraktion und Ausdehnung erfährt. Wird auf diesen schwin-

genden Piezokristall ein Flüssigkeitsstrom gelenkt, so verursachen die Vibrationen eine Zerstäubung der Flüssigkeit in feine Tröpfchen. Hierzu werden zweckmäßigerweise Ultraschallfrequenzen zwischen 20 kHz und 100 kHz gewählt, wodurch Schmiermitteltröpfchen eines mittleren Durchmessers zwischen 5 µm und 200 µm erzeugt werden; bei höheren Frequenzen nimmt die mittlere Tröpfchengröße ab. Höherviskose Flüssigkeiten werden – bei gleicher Ultraschallfrequenz – zu einem feineren Nebel 5 mit geringerer Tröpfchengröße zerstäubt als niedrigviskose Flüssigkeiten.

Um im Mischbereich 6 einen kontinuierlichen, gleichförmigen Nebel 5 erzeugen zu können, muß dem Ultraschall-Schwingkopf 12 der Kühlschmierstoff in einem kontinuierlichen Strom zugeleitet werden. Hierzu kann der Vorratsbehälter 11 mit einem Überdruck beaufschlagt werden, der den Schmierstoff über ein Steigrohr 15 in die Schmierstoffzuleitung treibt; der Schmierstoffstrom wird dann z. B. mit Hilfe eines Nadelventils geregelt. Alternativ kann – wie in Fig. 1 gezeigt – der Schmierstoff mit Hilfe einer kontinuierlich fördernden Pumpe 16 (z. B. einer Doppelkolbenpumpe oder einer Schlauchpumpe) zugeleitet werden; diese Variante ist besonders vorteilhaft, da sie eine sehr genaue Regelung der dem Schwingkopf 12 zugeführten Schmierstoffmenge gestattet. Sie gewährleistet somit – unabhängig vom Druck und vom Füllstand im Vorratsbehälter 11 – einen konstanten, definiert variierbaren Schmierstoffstrom und somit eine gute Kontrolle über die am Ultraschall-Schwingkopf 12 erzeugte Tröpfchendichte.

In Abhängigkeit von der Materialzusammensetzung des zu bearbeitenden Werkstücks 3 kommen unterschiedliche Kühlschmierstoffe zur Anwendung. Damit die Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung 1 variabel für unterschiedliche Materialien einsetzbar ist, kann die Schmierstoffzuleitung 10 wahlweise an verschiedene Vorratsbehälter 11, 11' angeschlossen werden, die unterschiedliche Schmierstoffe enthalten. Ein Schmierstoffwechsel ist besonders einfach zu bewerkstelligen, wenn zur Schmierstoffförderung – wie in Fig. 1 gezeigt – eine Pumpe 16 verwendet wird: in diesem Fall kann nämlich bei einer Schmierstoffumstellung der in der Schmierstoffzuleitung 10 verbliebene Schmierstoff mit Hilfe der Pumpe 16 in seinen Vorratsbehälter 11 zurückgepumpt werden, bevor die Schmierstoffzuleitung 10 mit einem anderen Vorratsbehälter 11' verbunden wird, aus dem dann mit Hilfe der Pumpe 16 der Schmierstoff zum Zerstäubungssystem 7 gefördert wird.

Neben dem oben beschriebenen Ultraschall-Schwingkopf 12 können für die Zerstäubung des Kühlschmierstoffs auch andere Zerstäubungssysteme 7 gewählt werden. Insbesondere kann die Zerstäubung auch mittels einer Einspritzpumpe erfolgen, die den Kühlschmierstoff als einen feinen Nebel in den Mischbereich 6 spritzt.

Im Inneren der Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung 1 sind die Druckluftleitung 9' und die Schmierstoffleitung 10' als koaxiale Schläuche oder Rohre ausgebildet, wobei die innere Leitung 10' der Schmierstoffzuführung und die äußere Leitung 9' der Druckluftzuführung dient. Der Querschnitt der inneren Leitung 10' kann dabei relativ klein gewählt werden, weil die durch sie zu transportierende Schmiermittelmenge sehr gering ist. Der Querschnitt der äußeren Leitung 9' richtet sich nach dem verfügbaren Luftdruck am Leitungseingang 18 und an der Gesamtlänge und Geometrie der gesamten Druckluft-Leitung 9, 9' und muß so groß gewählt werden, daß im Mischbereich 6 eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit der Druckluft sichergestellt ist, um die Schmierstofftröpfchen prozeßsicher in den Bearbeitungsbereich 4 zu transportieren.

Erwägungen bezüglich der geometrischen Auslegung der Druckluftleitung 9' und der Schmierstoffleitung 10' spielen

insbesondere dann eine große Rolle, wenn, wie in Fig. 3 gezeigt, die Minimalmengen-Kühlschmiervorrichtung 1 in das Innere einer schnell drehenden, motorisch angetriebenen Werkstoffspindel 19 integriert werden soll. Die Spindel 19 enthält eine Werkzeughalterung 20 mit Werkzeug 2 und ist über ein Spindellager 21 im Spindelgehäuse 22 gelagert. Um ein Auszentrifugieren des Schmierstoffnebels 5 in der rotierenden Spindel 19 weitestgehend zu vermeiden, ist es hierbei günstig, den Mischbereich 6 möglichst nahe am Werkzeug 2 anzuordnen und somit den Weg des Schmierstoffnebels 5 vom Zerstäubungssystem 7 zum Bearbeitungsbereich möglichst kurz zu gestalten. Dies erfordert eine Durchführung der koaxialen Druckluft- und die Schmierstoffleitungen 9', 10' durch einen Großteil der räumlich stark begrenzenden Innenraum 23 der Werkzeugspindel 19, und eine stabile Positionierung und Befestigung des Zerstäubungssystems 7 in Werkzeughöhe im Spindelinneren 23.

Bedingt durch die Geometrie des Werkzeugs 2 können sich während der Bearbeitung Gegendrucke von mehreren bar an der Werkzeugdurchführung 24 aufbauen. Um auch in diesem Fall einen ausreichend großen Volumenstrom der Druckluft zu gewährleisten und somit einen verlässlichen Schmiermitteltransport zum Werkzeug 2 zu erreichen, sollte der Druck am Drucklufteinlaß 18 ausreichend groß sein. Die Druckluft-Leitung 10' sollte auf ihrer gesamten Länge den größtmöglichen mit der Spindelgeometrie vereinbaren Querschnitt haben, um auch bei relativ großen Werkzeugdurchführungen 24 einen ausreichenden Luftvolumenstrom sicherzustellen. Insbesondere sollte der Querschnitt der Druckluft-Leitung 10' überall größer sein als der Querschnitt des Werkzeugdurchführung 24, damit auch bei hohem Gegendruck eine ausreichende Strömungsgeschwindigkeit der Druckluft im Mischbereich 6 sichergestellt ist.

Weiterhin muß auch zur Förderung des Schmierstoffs aus dem Vorratsbehälter 11, 11' zum Zerstäubungssystem 7 dieser werkzeugseitig bedingte Gegendruck überwunden werden; dies wird am besten durch die oben beschriebene Konstantförderpumpe 16 erreicht, deren Förderleistung unabhängig vom jeweiligen Gegendruck eingestellt und konstant gehalten werden kann.

Das Zerstäubungssystem 7 und die Zuleitung 10' sind vorzugsweise nichtrotierend in der Werkzeugspindel 19 angeordnet und werden, wie in Fig. 4 gezeigt, mit Hilfe zweier konzentrischer Buchsen 25, 26 und eines zwischen ihnen angeordneten Gleit- oder Wälzlagers 27 gegenüber der rotierenden Spindel 19 abgestützt. Wenn, wie in Fig. 3 dargestellt, der Mischbereich 6 in der Nähe des Werkzeugs 2 angeordnet ist, kann der Schmierstoffnebel 5 nicht zur Schmierung dieses Lagers 27 genutzt werden, weil die Schmierstofftröpfchen werkzeugseitig des Lagers 27 erzeugt werden und durch die Druckluft in Richtung des Werkzeugs 2 transportiert wird; in diesem Fall muß für das Lager 27 eine gesonderte Schmierung oder Trockenlauf vorgesehen werden.

Die Einstellung der mittleren Größe und Dichte der erzeugten Schmierstofftröpfchen erfolgt über die Wahl der Frequenz und die Regelung der Leistung des Ultraschall-Schwingkopfes 12 sowie über den Durchsatz der Konstantförderpumpe 16. Der Luftstrom im Bereich des Ultraschall-Schwingkopfes 12 und somit die Transportgeschwindigkeit der Tröpfchen und ihre geometrische Verteilung im Bearbeitungsbereich wird über den Eingangsdruck der Druckluft an einem Zuführungsventil 28 geregelt. Somit kann der Schmierstoffvolumenstrom unabhängig von Luftdruck und Luftvolumenstrom eingestellt und für die jeweilige Bearbeitungssituation optimiert werden.

Der in der Luftzuführung anliegende Überdruck gewähr-

leistet einen verlässlichen Transport der Schmierstofftröpfchen zum Werkzeug 2, führt aber beim Lösen der Werkzeugeinspannung, z. B. bei einem Werkzeugbruch, dazu, daß das Werkzeug 2 mit hoher Geschwindigkeit aus dem Futter herausgedrückt wird. Um diese Gefahrenquelle zu unterbinden, ist die Druckluftzuführung 9' mit einem (nicht dargestellten) Ventil versehen, das mit dem Notausschalter der Werkzeugmaschine gekoppelt ist und bei Betätigung des Notausschalters sofort automatisch den Druck der Druckluftzuführung 9' abläßt.

Die in Fig. 1 und 3 gezeigte Kühlschmiervorrichtung 1 gestattet – neben der oben beschriebenen Verwendung zur Minimalmengenschmierung – auch eine herkömmliche Kühlschmierung mit Schneidemulsion. In diesem Fall erfolgt die Zuführung von Schneidemulsion aus einem Vorratsbehälter 29 über die Druckluftleitung 9, 9', deren großer Querschnitt den für eine konventionelle Kühlschmierung notwendigen hohen Volumendurchsatz von Schneidemulsion ermöglicht. Zur Umstellung von herkömmlicher Kühlschmierung auf Minimalmengenschmierung wird die in der Druckluftleitung 9, 9' verbliebene Schneidemulsion mit Druckluft herausgeblasen und gespült.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zur Minimalmengenschmierung von Zerspanprozessen,
  - bei dem ein Schmierstoff über eine Schmierstoff-Zuleitung aus einem Vorratsbehälter entnommen und in einen Mischungsbereich geleitet wird,
  - wo es zerstäubt wird und dann mit Hilfe von Druckluft auf einen zu schmierenden Bearbeitungsbereich gesprüht wird,
 dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubung des Schmierstoffs unabhängig und getrennt von der Druckluftzufuhr erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubung der Schmierstoffs mit Hilfe einer Einspritzpumpe erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zerstäubung der Schmierstoffs mit Hilfe eines Ultraschall-Schwingkopfes (12) erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ultraschall-Schwingkopf (12) mit Wechselspannung im Frequenzbereich zwischen 20 kHz und 100 kHz angeregt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmierstoff dem Ultraschall-Schwingkopf (12) in einem kontinuierlichen, definiert variierbaren Schmierstoffstrom zugeführt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmierstoff dem Ultraschall-Schwingkopf (12) durch Überdruck zugeführt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Schmierstoff dem Ultraschall-Schwingkopf (12) mit Hilfe einer Konstantförderpumpe (16) zugeführt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 1 dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluftzuführung (9, 9') zur Zuführung einer Schneidemulsion verwendet wird, wenn anstatt der Minimalmengenschmierung eine Naßschmierung des Bearbeitungsbereichs (4) erreicht werden soll.
9. Vorrichtung zur Minimalmengenschmierung von Zerspanprozessen,
  - wobei die Vorrichtung eine Schmierstoff-Zuleitung umfaßt, die einen Schmierstoff aus einem Vorratsbehälter entnimmt und in einen Mi-

schungsbereich leitet,

- und weiterhin eine Druckluft-Zuleitung umfaßt, die Druckluft in den Mischungsbereich leitet, wo sie sich mit dem Schmierstoff mischt,
- wobei der Mischungsbereich eine Ausgangsöffnung zur Abgabe des Schmierstoff-Luft-Gemischs an einen zu schmierenden Bearbeitungsbereich aufweist,

- dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) weiterhin ein von der Druckluftzufuhr unabhängiges Zerstäubungssystem (7) umfaßt, das im Mischungsbereich (6) so angeordnet ist, daß es von Schmierstoff durchströmbar und von Druckluft umströmbar ist.
10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungssystem (7) durch eine Einspritzpumpe gebildet ist, die Schmierstoff in den Mischungsbereich (6) injiziert.
11. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungssystem (7) durch einen Ultraschall-Schwingkopf (12) gebildet ist.
12. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmierstoff-Zuleitung (10') und die Druckluft-Zuleitung (9') koaxial zueinander angeordnet sind, wobei die innere Leitung der Schmierstoffzuführung und die äußere der Druckluftzuführung dient.
13. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorrichtung (1) in einen Innenraum (23) einer Werkzeugspindel (19) integriert ist.
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungssystem (7) am Ausgang der Werkzeugspindel (19) nahe am Werkzeug (2) angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Zerstäubungssystem (7) stationär in der Werkzeugspindel (19) angeordnet ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluftzuführung (9) ein Entspannungsventil enthält, das an die Maschinensteuerung angeschlossen ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Druckluftzuführung (9) wahlweise für die Zufuhr von Schneidemulsion verwendbar ist.
18. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmierstoffzuführung (10) wahlweise mit verschiedenen Schmierstoff-Reservoirs (11, 11') verbindbar ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

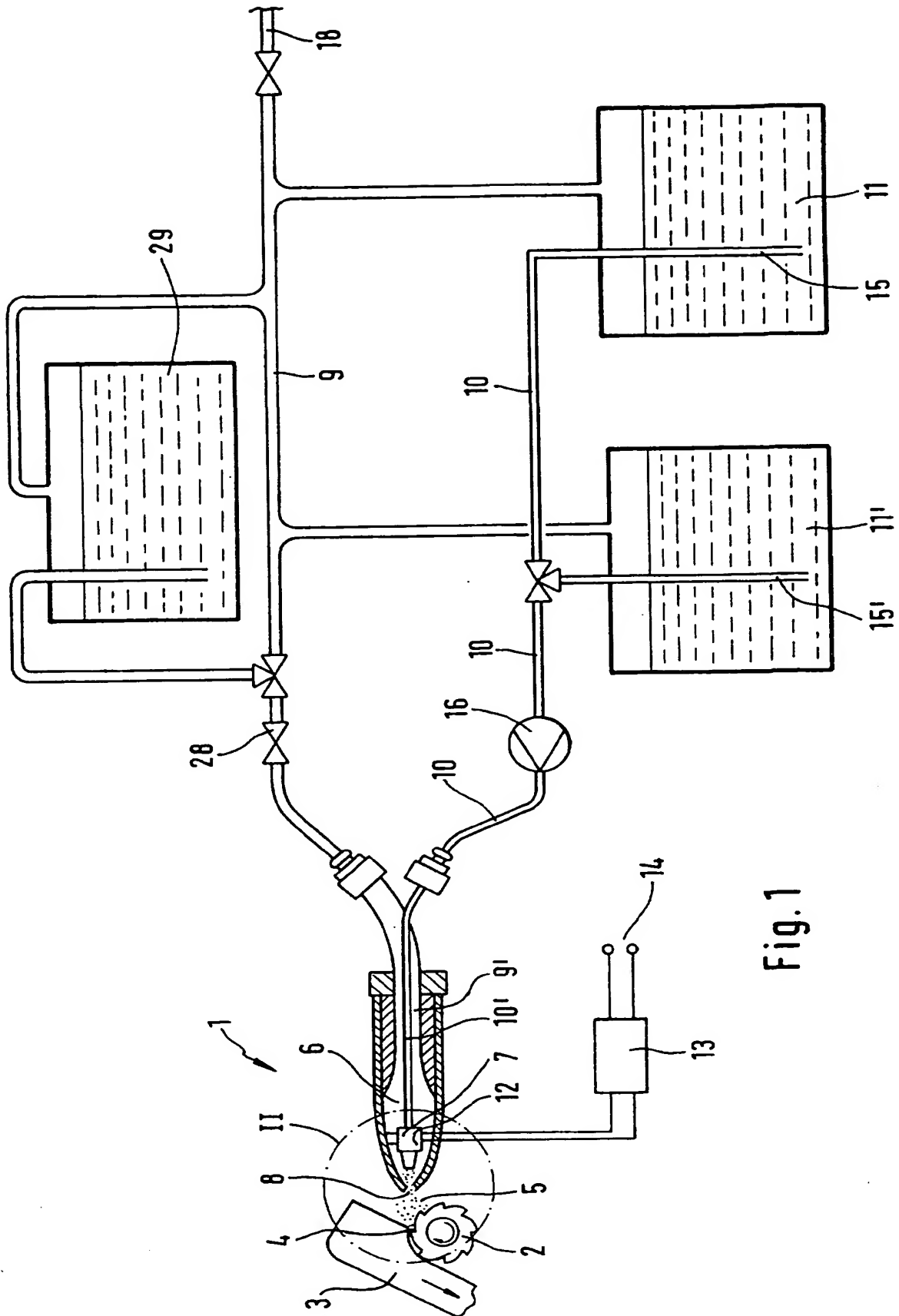
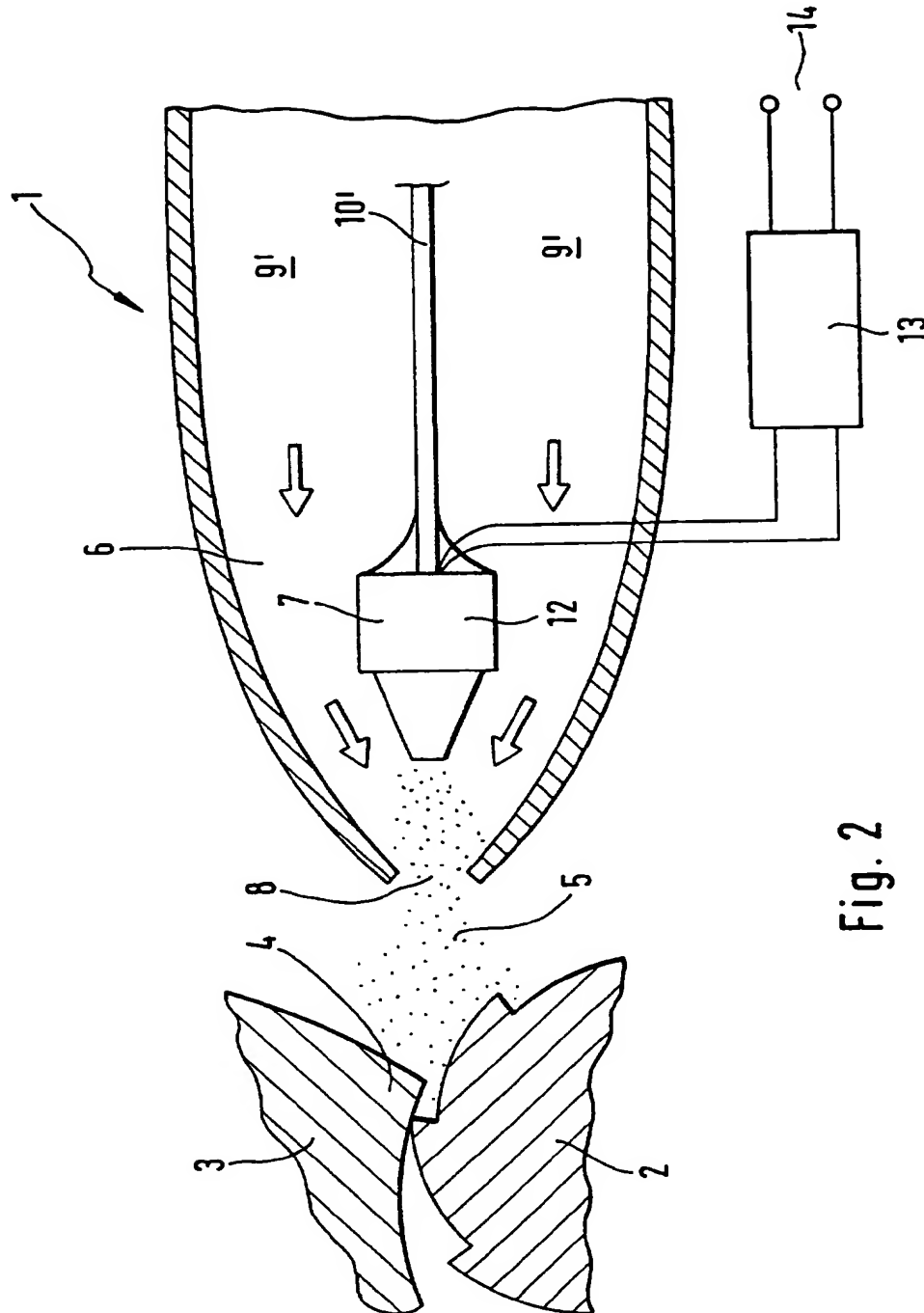


Fig. 1





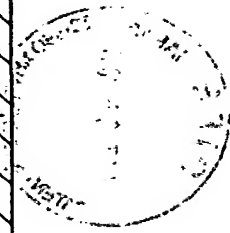


Fig. 3

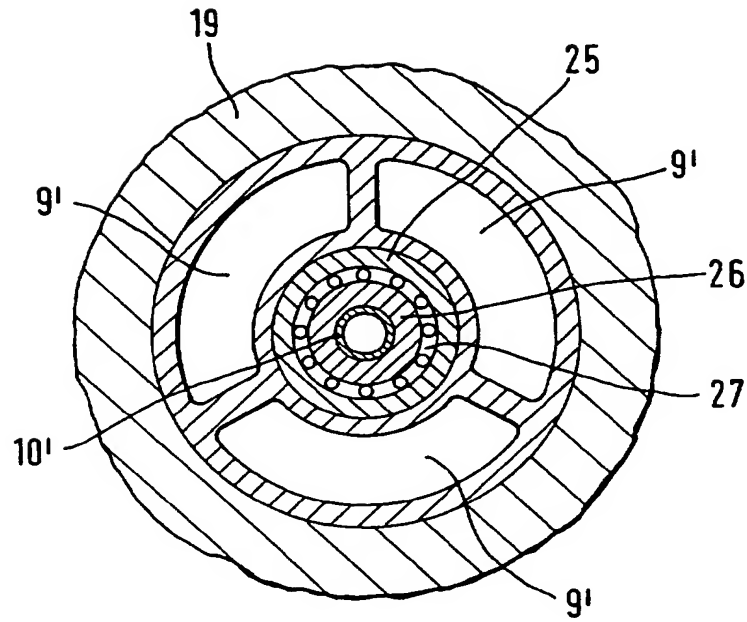


Fig. 4